

тыре типа измерительных преобразователя температуры и влажности, обеспечивающие преобразование измеряемых величин в нормированное значение постоянного напряжения или силы тока – ПИТ01, ПОВТ01, ПОВТ01А, ПОВТ2. Эти преобразователи применяются в настоящее время в ряде метеорологических комплексов, а также при испытаниях технических средств.

В 2011 – 2016 гг. предприятием был создан и освоен в производстве также ряд приборов, предназначенных для использования для организации учебного процесса и оборудования лабораторий в высших и средних учебных заведениях, в том числе:

- комплекс учебный лабораторный КУЛ-1, совмещающий в одном конструктиве 4,5-разрядный мультиметр, генератор-частотомер и четырехканальный источник питания;

- комплект приборов для демонстрации опытов и проведения лабораторных работ, состоящий из демонстрационного мультиметра-тес-

тера, демонстрационного осциллографа-генератора, демонстрационного СВЧ приемника-передатчика и высоковольтного источника напряжения;

- программно-аппаратный комплекс с комплектом датчиков для кабинетов физики;

- программно-аппаратный комплекс с комплектом датчиков для кабинетов химии.

В выполнении заданий ГНТП «Радиоэлектроника-2» приняли участие более 20 организаций промышленности, отраслевой, академической и вузовской науки.

Начиная с 2016 года, выполняется новая ГНТП «Радиоэлектроника-3», цели и задачи которой аналогичны целям и задачам завершенной программы. Участие в выполнении этой программы учреждений образования и науки будет способствовать решению одной из основных задач программы – повышению конкурентоспособности и научно-технического уровня продукции отечественного приборостроения.

УДК 620.179.14

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ ИМПУЛЬСНОГО ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ

Куц Ю.В., Лысенко Ю.Ю., Дугин А.Л.

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
Киев, Украина*

Вихретоковый неразрушающий контроль (ВТНК) широко применяется в различных областях науки и техники благодаря высокой эффективности и надежности получаемых решений задач дефектоскопии, контроля качества материалов и изделий, определения параметров и характеристик объектов контроля (ОК) различного назначения и в различных предметных областях. С целью улучшения и усовершенствования методов и средств ВТНК исследуют и применяют новые вихретоковые преобразователи (ВТП), имеющие более сложную конструкцию, совершенствуют способы возбуждения вихревых токов, применяют новых методы обработки информационных сигналов ВТП и т.д.

Сегодня наибольшее развитие получили методы ВСНК, ориентированные на использование гармонических сигналов для возбуждения вихревых токов в ОК. В этом случае электрофизические характеристики материалов и геометрические параметры ОК определяются через такие параметры информационных сигналов ВТП как амплитуда и фазовый сдвиг. Анализ информационных сигналов ВТП и интерпретация результатов контроля усложняется за счет действия ряда мешающих факторов, среди которых наиболее опасными являются зазор между ВТП и ОК, вариация электромагнитных свойств металла, кривизна и шероховатость поверхности ОК, внешние и аппа-

ратурные шумы и помехи различной природы [1].

Чаще всего ВТНК реализуется за счет возбуждения вихревых токов гармоническими сигналами одной частоты, что теоретически допускает определение двух параметров системы ВТП-ОК. Параметры и характеристики ОК определяют через их воздействие на амплитуду и фазовый сдвиг сигнала ВТП относительно сигналов возбуждения вихревых токов. Для расширения функциональных возможностей ВТНК рассматривают применение других режимов возбуждения вихревых токов и осуществляют поиск и анализ других информативных параметров (ИП). Один из таких направлений исследования связан с использованием импульсного режима возбуждения в ОК вихревых токов. Совершенствование методов обработки сигналов импульсного ВТНК связано с поиском новых ИП сигналов ВТП, повышением достоверности контроля, поиском способов уменьшения влияния различных мешающих факторов, действующих в системе ВТП – ОК, реализацией многопараметрового контроля, и расширением функциональных возможностей ВТНК. Таким образом, развитие методов и средств импульсного ВТНК является важным направлением развития этого вида контроля.

Анализ современных исследований импульсного ВТНК показывает, что в качестве ИП наибо-

лее часто используют пиковое значение амплитуды сигнала – в дефектоскопии однослойных конструкций с целью увеличения глубины проникновения вихревых токов [2], дефектоскопии многослойных конструкций [3], дефектоскопии отверстий клепочных соединений в авиастроении [4]. Известны системы с комбинированным использованием гармонического и импульсного режимов возбуждения электромагнитного поля [5]. В таком случае при обработке информационного сигнала ВТП используют дополнительные ИП сигналов ВТП – затухание и положения во времени точки пересечения нулевого уровня этим сигналом.

В докладе рассмотрены экспериментальные результаты решения задачи дефектоскопии и дефектометрии алюминиевых листов. Было выполнено сканирование ОК с моделями трещин разной глубины и реализацией в режиме импульсного возбуждения ВТП. В качестве ОК была использована алюминиевая пластина с трещинами разной глубины (от 0.1 мм до 3 мм) и шириной раскрытия 1 мм (рисунок 1).

Разработанная система ВТНК включала накладной трансформаторный мульти дифференциальный ВТП, цифровой осциллограф (вертикальное разрешение 12 бит, частота выборки 500 МГц, динамический диапазон 60 МГц), цифровой интерфейс, персональный компьютер с необходимым программным обеспечением (Matlab). На первичную катушку ВТП поступал возбуждающий импульсный сигнал от генератора, встроенного в цифровой осциллограф, амплитуды $U = 5$ В, периодом повторения $T_n = 50$ мкс, продолжительностью $\tau = 175$ нс. Сигнал со вторичной обмотки ВТП представлял собой затухающие гармонические колебания. Колебания вызывались индуктивностью катушек ВТП и их межвитковой емкостью (рисунок 2). Информационный сигнал поступал на цифровой осциллограф для аналого-цифрового преобразования и передавался в персональный компьютер для дальнейшей обработки.



Рисунок 1 – Исследуемый образец

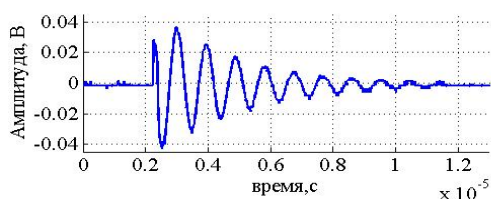


Рисунок 2 – График участка сигнала ВТП

Используемое ПО реализует методику обработки сигналов ВТП с анализом сигнала во временной области на основе использования преобразования Гильберта [6]. Такая методика дает возможность использовать в качестве ИП затухание сигнала ВТП и его частоту. В работах [7, 8] показано, что эти параметры можно использовать для оценки удельной электропроводности материала ОК, его диаметр, толщину диэлектрического покрытия.

В данной работе совместно с используемыми ранее ИП рассматривалось и пиковое значение амплитуды информационного сигнала. По результатам сканирования ОК (рисунок 3а) с шагом 0.1 мм было получено набор сигналов ВТП, и которых были выделены максимальные пиковые значения амплитуды. Распределение пиковых значений напряжения на поверхности ОК представлено на рисунке 3б. Из анализа этого распределения видно, что появление трещины в ОК приводит к существенному увеличению амплитуды напряжения непосредственно возле нее, но уменьшению над самой трещиной.

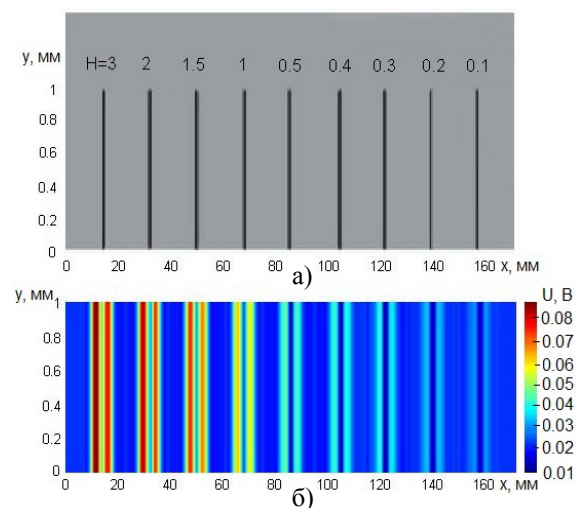


Рисунок 3 – Исследуемый образец (а) и распределение пиковых значений напряжения ВТП (б)

Используя зависимость амплитуды от глубины трещины можно в некоторых случаях расширить задачу дефектоскопии – оцениванием глубины трещин. Таким образом, ВТНК с импульсным возбуждением в сочетании с цифровой обработкой информационных сигналов на основе дискретного преобразования Гильберта может существенно дополнить известные методы за счет возможности анализа таких параметров сигналов как частота собственных колебаний, пиковое значение амплитуды, декремент сигнала и временное положение характерных точек сигнала. В докладе приведены методика и показана ее реализация на примере обработки сигналов импульсного ВТНК для задачи контроля алюминиевой пластины с

трещинами различной глубины.

1. Тетерко А.Я. Селективна вихрострумова дефектоскопія / А.Я. Тетерко, З.Т. Назарчук; НАН України. Фіз.-мех. ін-т ім. Г.В.Карпенка. – Л., 2004. – 247 с.
2. Cadeau T. Pulsed eddy current probe desing based on transient circuit analysis / T.J. Cadeau, T.W. Krause // Review of Quantitative NDE. – 2009. – vol. 28. – pp. 327-334.
3. Неразрушающий контроль. Кн. 3. Электромагнитный НК / Под ред. В.В. Сухорукова – М.: Высшая школа, 1992, – 320с.
4. Yang G. Pulsed Eddy-Current Based Giant Magnetostrictive System for the Inspection of Aircraft Structures / G. Yang, A. Tamburrino, L. Udpa, S. Udpa // IEEE Trans. Magn. – 2010. – vol. 46, no. 3. – pp. 910-917.
5. Vasic D. Pulsed Eddy-Current Nondestructive Testing of Ferromagnetic Tubes / D. Vasic, V. Bilas, D. Ambrus // IEEE Trans. Instrum.

Meas. – 2004. – vol. 53, no. 4. – pp. 1289-1294.

6. Методика обработки сигналов в системах импульсной вихретоковой дефектоскопии: материалы VIII Междунар. научн.-техн. конф. «Приборостроение - 2015», 25 - 27 ноября 2015 г., Минск, Республика Беларусь / БНТУ ПБФ — Минск, 2015. — Т. 1, 322 с.
7. Lysenko I. Improvement of the Eddy Current Method of Non-Destructive Testing with Pulsed Mode Excitation [Electronic resource] / I. Lysenko, Y. Kuts, O. Dugin, A. Protasov // The e-Journal of Nondestructive Testing. – 2016. – № 7, Vol. 21. – Access mode: <http://www.ndt.net>.
8. Лисенко Ю. Ю. Застосування накладних перетворювачів в імпульсному вихрострумовому контролі / Лисенко Ю. Ю., Куц Ю. В., Протасов А.Г., Дугін О.Л. // Вісник НТУУ «КПІ». Приладобудування : збірник наукових праць. – 2016. – Вип. 52. – С. 58–63.

УДК 621.317.799:621.382

МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ МАТРИЧНЫМ КОММУТАТОРОМ

Лисенков Б.Н., Грицев Н.В.

Открытое акционерное общество «МНИПИ», Минск, Республика Беларусь

Матричные коммутаторы широко применяются в автоматизированных системах измерения и контроля параметров полупроводниковых приборов (ПП). Они используются для выбора тестируемого ПП и подключения к нему источников и измерителей электрических сигналов.

Основу матричного коммутатора составляют ключи, расположенные в перекрестиях строк (A, B, C, D, ...) и колонок (1, 2, 3, 4, ...) коммутатора. Замыкание определенных ключей обеспечивает подключение измерительных приборов, каждый из которых присоединен к определенной строке, к интересующему электроду ПП, присоединенному к одной из колонок.

В простейшем случае, при тестировании двухполюсника (диода), присоединенного к колонкам 2 и 4 коммутатора, с помощью источника тока, присоединенного к его строкам A и B, и измерителя напряжения, присоединенного к его строкам C и D, блок управления замыкает ключи A2, B4 и C2, D4, которые выбирает оператор на основании измерительной схемы, представленной на рис. 1, при формировании теста.

При контроле трех- и четырехполюсников подготовка программы тестирования в части управления матричным коммутатором существенно усложняется. Это связано с тем, что для каждого теста составляется измерительная схема, отображающая связи множества (до 8ми) измерительных приборов с электродами тестируемого

ПП. На основании такой схемы определяют, в каких узлах матрицы должны быть замкнуты ключи при выполнении данного теста

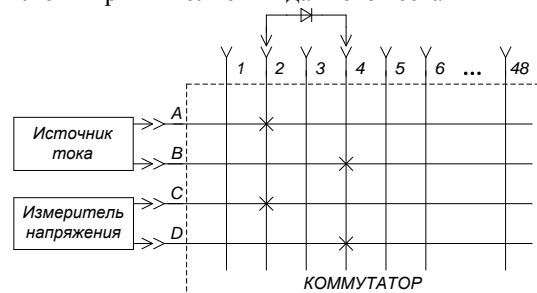


Рисунок 1 – Измерительная схема для матричного коммутатора при тестировании диода: × – замкнутые узлы

С целью исключения возможных ошибок при определении узлов матричного коммутатора, которые должны быть замкнуты в выбранном тесте, сложные измерительные схемы необходимо определенным образом визуализировать и документировать. Современные матричные коммутаторы снабжены устройствами индикации, которые отображают все узлы матричного коммутатора и позволяют выделить, светом или цветом, узлы с замкнутыми ключами. При этом, известные устройства индикации состояния матричного коммутатора весьма сложны и громоздки с точки зрения решаемой задачи.